

УДК 621.37

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ ПОМЕХ РАДИОПРИЕМНИКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СВЧ

Булавко Д.Г., аспирант; Лисов Д.А., аспирант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Гусинский А.В. – канд. техн. наук

Аннотация. В докладе приводятся результаты моделирования интермодуляционных помех радиоприемника измерительной системы сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона.

Ключевые слова. Радиоприемник, СВЧ, моделирование, интермодуляция, помехи.

Введение

В настоящее время находят все большее применения измерительные системы радиотехнической разведки и радиомониторинга СВЧ диапазона. Основное назначение таких систем – обнаружение и измерение следующих параметров и характеристик радиосигналов: несущая частота, энергетический уровень (мощность), ширина спектра, вид модуляции, а также определение направления на источник радиосигнала. Одним из основных блоков аппаратной части рассматриваемых систем является радиоприемник. Основными требованиями, которые следует учитывать при разработке таких приемников являются очень широкие частотный и динамический диапазоны, приемлемый уровни отношения сигнал-шум и интермодуляционных искажений, а также минимизация массогабаритных параметров.

Одним из основных этапов проектирования является разработка принципиальных электрических схем отдельных узлов и радиоприемника в целом. На этом этапе весьма важным является компьютерное моделирование всего приемника с помощью пакетов программ схемотехнического моделирования. Это позволяет еще до этапа производства проводить анализ разработанного устройства и формировать техническое задание для смежных с ним блоков аппаратуры.

В докладе приводятся результаты моделирования параметров радиоприемника измерительной системы СВЧ диапазона.

Модель радиоприемника и результаты моделирования

Приемник построен по супергетеродинной схеме приема с двумя преобразованиями частоты. Рабочий диапазон частот принимаемых сигналов составляет от 1 до 18 ГГц и разбит на два поддиапазона: от 1 до 6 ГГц и от 6 до 18 ГГц.

Для анализа интермодуляционных искажений приемника была составлена его графическая модель, представленная на рисунке 1. На изображении схемы используются следующие обозначения: СМ – смеситель; МШУ – маломощный усилитель.

Как известно [1], смещение полезного сигнала, сигналов гетеродина и их гармоник приводит к образованию мешающих интермодуляционных сигналов в полосе пропускания приемника.

Моделирование интермодуляционных помех приемника проводилось с использованием программы SystemVue. Исходными данными для расчетов являлись параметры, функциональных узлов приемника (параметры элементов графической модели), на которых планировалась его техническая реализация, а также параметры входного сигнала приемника и сигналов гетеродинов. В качестве источника полезного принимаемого сигнала (RF) на входе приемника задавался сигнал в диапазоне частот от 1 до 18 ГГц с шагом перестройки 1 ГГц и с различными уровнями мощности, отражающими работу приемника на уровне минимальной чувствительности, в середине динамического диапазона и при максимальном усилении радиоприемника. Сигналы первого (LO1) и второго (LO2) гетеродинов задавались в различных частотных точках – соответствующих плану частотного преобразования приемника и с фиксированными уровнями мощности 15 дБм и 13 дБм достаточными для работы балансных смесителей соответственно.

Для этих уровней мощности входного сигнала и сигналов гетеродинов были рассчитаны частоты и уровни по мощности образующихся интермодуляционных помех. Результаты этих расчетов представлены в таблице 1.

Полученные результаты моделирования показывают, что при значении частоты второго гетеродина равной 7050 МГц и частотах входного сигнала от 2 ГГц до 3 ГГц образуется помеха с частотой 1350 МГц, попадающая в полосу пропускания выходных фильтров приемника.

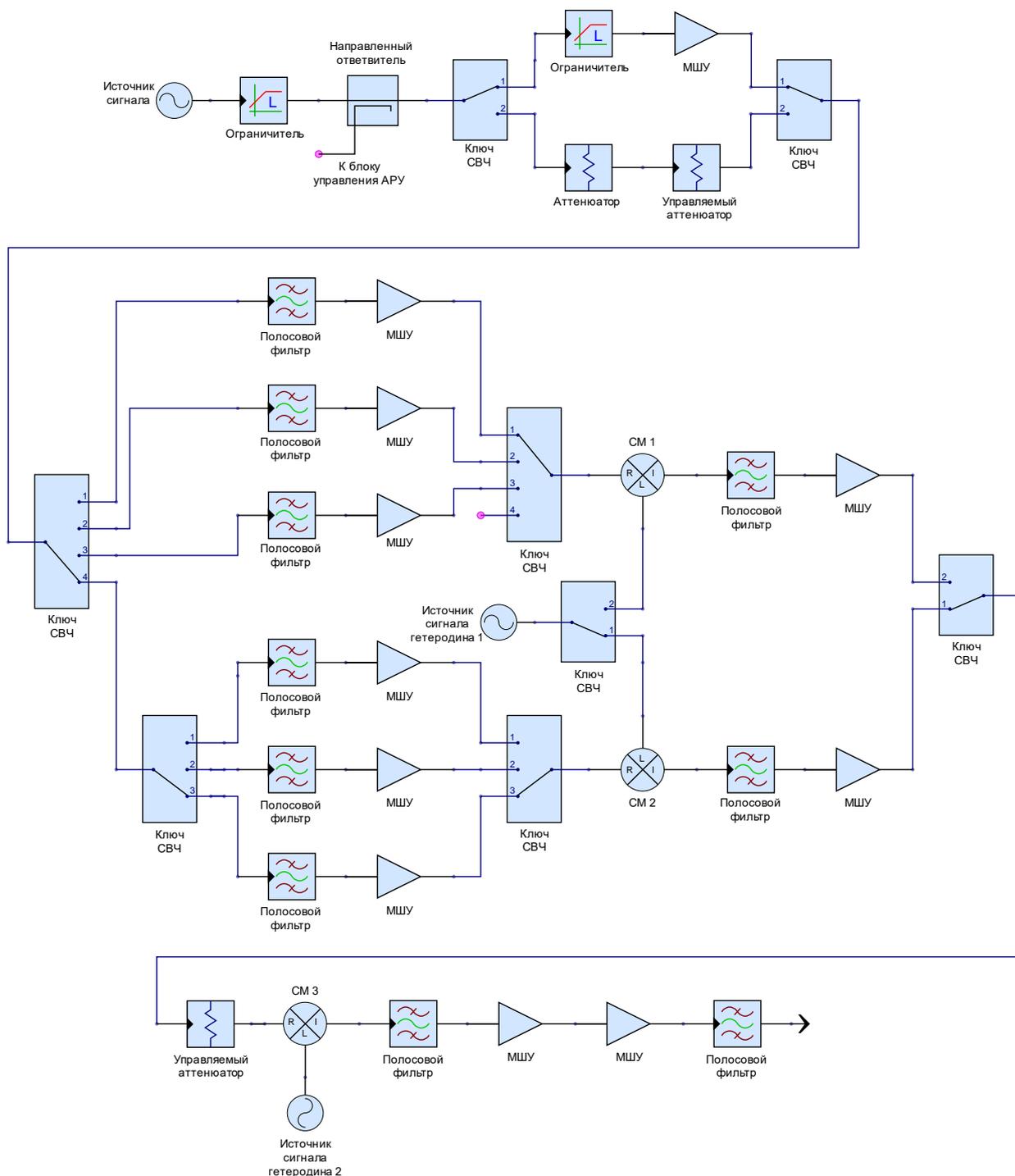


Рисунок 1 – Графическая модель радиоприемника с двумя преобразованиями частоты

При частотах входного сигнала от 3 ГГц до 4 ГГц образуется помеха с частотой 950 МГц. Уровни данных помех составляют минус 44 дБм, что является достаточным для детектирования на последующем аналогово-цифровом преобразователе (АЦП). При частотах входного сигнала от 6 ГГц до 18 ГГц и значении второго гетеродина 5200 МГц образуется постоянная помеха с частотой 1600 МГц, находящаяся на границе полосы пропускания выходных фильтров. При частотах входного сигнала 13 ГГц и значениях первого гетеродина 9 ГГц и второго гетеродина 5200 МГц

образуется помеха с частотой 1400 МГц с максимальным уровнем сигнала минус 39,4 дБм попадающая в полосу пропускания выходных фильтров приемника.

Таблица 1 – Результаты моделирования интермодуляционных помех.

RF, МГц	Мощность RF, дБм	LO1, МГц	LO2, МГц	Частота помехи, МГц	Мощность помехи, дБм	Схема образования помехи
1000	-74	9250	7050	2200	-49,3	LO1-LO2
2000	-50	10250	7050	1350	-79,2	RF+2LO1-3LO2
2000	-25	10250	7050	1350	-79,6	RF+2LO1-3LO2
3000	-74	11250	7050	1350	-58,9	2*LO1-3*LO2
3000	-50	11250	7050	1350	-63,9	2*LO1-3*LO2
4000	-50	12250	7050	950	-69,5	2*RF-LO2
4000	-25	12250	7050	950	-44,6	2*RF-LO2
4000	0	12250	7050	950	-47,8	2*RF-LO2
5000	-74	13250	7050	850	-55,1	2*LO2-RF
5000	-50	13250	7050	850	-60,1	2*LO2-RF
5000	-25	13250	7050	850	-61,7	2*LO2-RF
6000	-25	10000	5200	1600	-22	3*(LO1-RF)-2*LO2
6000	0	10000	5200	1600	-29,4	3*(LO1-RF)-2*LO2
7000	-25	11000	5200	1600	-19,7	3*(LO1-RF)-2*LO2
7000	0	11000	5200	1600	-26,8	3*(LO1-RF)-2*LO2
8000	-25	12000	5200	1600	-19,1	3*(LO1-RF)-2*LO2
8000	0	12000	5200	1600	-26,1	3*(LO1-RF)-2*LO2
9000	-25	13000	5200	1600	-19	3*(LO1-RF)-2*LO2
9000	0	13000	5200	1600	-26	3*(LO1-RF)-2*LO2
10000	-74	14000	5200	1600	-29,2	3*(LO1-RF)-2*LO2
10000	-25	14000	5200	1600	-19,8	3*(LO1-RF)-2*LO2
10000	0	14000	5200	1600	-26,9	3*(LO1-RF)-2*LO2
11000	-25	15000	5200	1600	-22,3	3*(LO1-RF)-2*LO2
10000	0	15000	5200	1600	-29,6	3*(LO1-RF)-2*LO2
12000	-25	16000	5200	1600	-20,2	3*(LO1-RF)-2*LO2
12000	0	16000	5200	1600	-27,4	3*(LO1-RF)-2*LO2
13000	-74	9000	5200	1400	-41,6	2*LO2-LO1
13000	-50	9000	5200	1400	-46,6	2*LO2-LO1
13000	-25	9000	5200	1400	-39,4	2*LO2-LO1
13000	-25	9000	5200	1600	-19,6	3*(LO1-RF)-2*LO2
13000	0	9000	5200	1400	-41,6	2*LO2-LO1
13000	0	9000	5200	1600	-26,7	3*(LO1-RF)-2*LO2
14000	-25	10000	5200	1600	-19,7	3*(LO1-RF)-2*LO2
14000	0	10000	5200	1600	-26,8	3*(LO1-RF)-2*LO2
15000	-25	11000	5200	1600	-20,7	3*(LO1-RF)-2*LO2
15000	0	11000	5200	1600	-27,9	3*(LO1-RF)-2*LO2
16000	-25	12000	5200	1600	-19,1	3*(LO1-RF)-2*LO2
16000	0	12000	5200	1600	-26,1	3*(LO1-RF)-2*LO2
17000	-25	13000	5200	1600	-19,1	3*(LO1-RF)-2*LO2
17000	0	13000	5200	1600	-26,1	3*(LO1-RF)-2*LO2
18000	-25	14000	5200	1600	-21,5	3*(LO1-RF)-2*LO2
18000	0	14000	5200	1600	-28,8	3*(LO1-RF)-2*LO2

Выводы

Анализ результатов моделирования показывает, что интермодуляционные помехи образуются в значительной степени из-за несовершенства смесителей, малой развязки между входами сигналов гетеродинов и выходами промежуточной частоты. Применение смесителей с лучшими параметрами может улучшить ситуацию на 7-10 дБ, однако вызовет значительное удорожание приемника. Применение дополнительных фильтров сигналов гетеродина после смесителей так же даст малый результат. Так как после первого преобразователя промежуточная частота достаточно высока и находится близко к частоте сигнала гетеродинов, что не позволяет использовать фильтры с большой крутизной амплитудно-частотной характеристикой. После

второго преобразователя частоты интермодуляционные сигналы так же попадают в полосу пропускания фильтров либо близки к промежуточной частоте. Наиболее приемлемым решением данных проблем является расчет ожидаемых мешающих сигналов и учет их при последующей цифровой обработке сигналов.

UDC 621.37

MODELING OF INTERMODULATION INTERFERENCE IN THE RADIO RECEIVER OF THE MICROWAVE MEASURING SYSTEM

Bulavko D.G., PG Student; Lisov D.A., PG Student

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus*

Gusinsky A.V. – PhD

Annotation. The report presents the results of modeling the intermodulation interference of a radio receiver in the measuring system of the microwave range.

Keywords. Radio receiver, microwave, intermodulation, modeling, interference.